Website: https://www.Sepehr.org Online ISSN: 2588-3879; Print ISSN: 2588-3860

Scientific - Research Quarterly

Geographical Data (SEPEHR) Vo.34,No.134, Summer 2025

P.P 157-173

Research paper

https://doi.org/10.22131/sepehr.2024.2042564.3100

Modeling and forecasting land use changes using logistic regression method in LCM model

Fateme Sahragard1[1] , Elham Yousefi *[2] , Mahmoud Moshgani[3]

1- MSc in Land use planning, Department of environment, Faculty of natural resources and environment, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: fateme.sahragard@birjand.ac.ir

2- (*Corresponding author) Assistant professor, Department of environment, Faculty of natural resources and environment, University of Birjand, Birjand, Iran.Email: e_yusefi_31@birjand.ac.ir

3- Assistant professor, Department of environment, Faculty of natural resources and environment, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: moshganim@birjand.ac.ir

Article Info

Date of receive:

2024/10/12

Date of last review:

2024/12/17

Date of accept:

2024/12/26

Date of online publication:

2024/12/26

Keywords:

Land use changes,

Remote sensing,

Khusuf county,

Markov chain

Extended Abstract

Introduction

In urban lands, decision makers and planners need accurate information about land cover. Remote sensing data is one of the valuable and valuable information sources for identifying land covers and their changes. Land use changes are one of the most critical global problems. This process has many effects on the environment. One of the important effects of land use changes is the change in hydrological conditions. Land use changes are one of the most apparent effects of human intervention on the planet and can affect human health and ecological systems. Considering the ever-increasing changes in land use and the need for managers to be aware of the changes and transformations that have occurred for policy-making and solution-thinking to solve the existing problem, it seems necessary to reveal the changes in order to determine the process of changes over time. On the other hand, predicting and modeling future changes is also essential to know the quantity and quality of possible future changes. The model means the facts that exist in a system, or it can be said that it is a simplified representative of the whole system. Land use change models are tools to support analyses related to the factors and consequences of repeatable land use changes and complement our existing mental abilities in analyzing land use change and making more informed decisions.The spatial modeling of land use changes is a technique for understanding land use change processes in terms of location and amount of change. The land use change modeler (LCM) provides a detailed analysis of land changes by creating maps of use changes, diagrams, transitions of use class, and their flow. ... **Page 158**

How to Cite:

Sahragard, F. Yousefi, E. Moshgani, M. (2025). Modeling and forecasting land use changes using logistic regression method in LCM model. Scientific - Research Quarterly Geographical Data (SEPEHR). 34(134), 157-173.

The modeling steps include: examining changes, modeling transfer potential, modeling land cover changes, and assessing the correctness of modeling. In this regard, the purpose of this study is to investigate the land use changes in Khosefcountyduring the years (2008-2022) and to predict the land use changes in the studied area, using the logistic regression method in the LCM model.

Materials & Methods

Khosuf county consists of two parts: the central part and the Mazhan plain. In Khoor wetland, one of the most giant desert reeds in South Khorasan province, is also located in this county. This area has a permanent vegetation cover and is a habitat for migratory birds in the winter season, as well as a source of fodder and water for the herders of the area. For this purpose, the land use map was revealed for the studied area for the three years of 2008, 2013 and 2022. The accuracy of the maps was evaluated by the error matrix method. In this method, three sub-models of barren to agriculture, barren to residential and agriculture to barren land use transfer rate and four variables including: digital model of height, distance from road, distance from residential areas and distance from agricultural land for a calibration period of 2008-2013 are used. Using the Markov chain, the changes of each user were determined, and finally, the land use maps for 2022 were predicted using a complex prediction model.

Results & Discussion

During this period, the most changes during the studied period included the conversion of barren lands to agricultural use. After running the models, the results of the 2022 simulation were compared with the ground reality map, After ensuring the accuracy of the model and considering the accuracy of the modeling, the prediction of the land use map for the year 2040 was made. Based on this, in 2040, land use changes will be more in agricultural and residential uses. The projected area for these uses will be 10488.18 hectares for agricultural use, 750.04 hectares for urban use, and 1932.15714 hectares for barren use.

Also, in this study, the trend of changes in the Khoorwetland was examined and analyzed. As it was said, Khoor wetland is one of the most extensive desert reeds in South Khorasan province and also the most extensive reeds of Lut desert in Iran, which has a vegetation cover of sedum with brackish water. NDVI index was used to investigate its condition. The vegetation area of Khoor wetland in 2008 was 117.75 hectares, which has decreased to 70.83 hectares in 2022. Also, the prediction of the vegetation area of Khoor wetland for the year 2040 was 48.48 hectares.

Conclusion

In this research, a land change modeler was used to model the land use changes of Khosufcounty. The variables that were used in this research included: distance from agricultural land, distance from residential areas, and distance from the road, and also the sub-models obtained in this research were barren transfer, agricultural transfer, and residential transfer. Based on the results of the land cover maps of 2008 and 2013 in this study, it was shown that agricultural lands have increased the most over time, followed by residential areas, It should be noted that according to the studies done, the green index is mainly related to agricultural lands or artificial factors, not pastures and reeds, which is not of much value in terms of the environment, the green cover of the agricultural land. For the accuracy and efficiency of the model and the benefits of the model, based on this analysis, it was determined that the green cover area of Khoor wetland decreased to 46.92 hectares between 2008 and 2022. It was also predicted for the year 2040 that if the change process continues as in the past, the green cover area of the lagoon will reach 48.48 hectares. Due to the recent drought and water shortages, land use changes cannot be continued because these changes cause water to be taken from wells and reservoirs, and with the continuation of the drought, there will be pressure on the static level of underground water. Bring and prevent the runoff from entering the estuary lagoon and cause irreparable damage to the environment, so these drastic changes in land use must be managed, and agriculture should be replaced with low-water crops and new irrigation methods.

شاپای الکترونیکی: 2588-3879 / شاپای چاپی: 2588-3860
تارنمای نشریه https://www.Sepehr.org

فصلنامه علمی - پژوهشی
اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۳۴، شماره ۱۳۴، تابستان ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

صفحات ۱۷۳ - ۱۵۷

https://doi.org/10.22131/sepehr.2024.2042564.3100

مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM

فاطمه صحراگرد[۱] ، الهام یوسفی روبیات*[۲] ، محمود مشگانی[۳]

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
fateme.sahragard@birjand.ac.ir

۲- (*نویسنده مسئول) استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران e_yusefi_31@birjand.ac.ir

۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران moshganim@birjand.ac.ir

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۷/۲۱

تاریخ آخرین بازنگری:
۱۴۰۳/۰۹/۲۷

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۰/۰۶

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۱۰/۰۶

واژه‌های کلیدی:

تغییرات کاربری؛
سنجش از راه دور؛
شهرستان خوسف؛
زنجیره مارکوف

چکیده

تغییرات کاربری اراضی یکی از آشکارترین اثرات مداخله انسان بر روی کره زمین است و می‌تواند بر سلامت انسان و سیستم‌های بوم‌شناختی تأثیرگذار باشد. مدل‌سازی مکانی تغییرات کاربری زمین، فنی برای درک فرایندهای تغییر کاربری زمین ازنظر محل و مقدار تغییر است. ازاین‌رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان خوسف در استان خراسان جنوبی با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک انجام شد. به این منظور، تصاویر ماهواره‌ای منطقه موردمطالعه در سه دوره ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۲ تهیه و نقشه کاربری اراضی آشکارسازی و صحت نقشه‌ها با روش ماتریس خطا ارزیابی شد. سپس سه زیر مدل؛ انتقال کاربری بایر به کشاورزی، بایر به مسکونی و کشاورزی به بایر و چهار متغیر شامل: مدل رقومی ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از اراضی با کاربری کشاورزی برای یک دوره واسنجی ۲۰۱۳-۲۰۰۸ مورداستفاده قرار گرفت. سپس روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت و با استفاده از زنجیره مارکوف تغییرات هر کاربری مشخص شد و درنهایت نقشه های کاربری اراضی برای سال ۲۰۲۲ با استفاده از مدل پیش‌بینی سخت پیش‌بینی شد. در این مدت بیشترین تغییرات در طی دوره موردمطالعه شامل تبدیل اراضی بایر به کاربری کشاورزی بوده است. بعد از اجرای مدل‌ها نتایج حاصل از شبیه‌سازی ۲۰۲۲ با نقشه واقعیت زمینی مورد مقایسه قرار گرفت و پس از اطمینان از دقت مدل و با توجه به صحت مدل‌سازی پیش‌بینی نقشه‌ی کاربری اراضی برای سال ۲۰۴۰ انجام شد. بر این اساس در سال ۲۰۴۰ مساحت پیش‌بینی‌شده برای کاربری کشاورزی ۱۰۴۸۸/۱۸هکتار، کاربری شهری ۷۵۰/۰۴ هکتار و کاربری بایر برابر با ۱۵۷۱۹۳۲/۱۴هکتار تعیین شد. بنابراین می‌توان گفت کارایی استفاده از روش رگرسون لجستیک در مدل LCM در مدل‌سازی تغییرات در منطقه مورد مطالعه تأیید شد.

استناد به این مقاله:

صحراگرد، ف؛ یوسفی روبیات، الف؛ مشگانی، م (۱۴۰۴) مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM؛ فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی(سپهر)، ۳۴ (۱۳۴)، ۱۷۳-۱۵۷

۱- مقدمه

زمین به‌عنوان یک سرمایه طبیعی است که انسان حیات اجتماعی خود را از راه تغییر روی آن شکل می‌دهد. در اراضی شهری تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان نیاز به اطلاعات دقیق در مورد پوشش اراضی دارند(*Arekhi & Niyazi,2009*) . یکی از منابع اطلاعات مؤثر، مفید و قابل کاربرد در شناسایی پوشش‌های زمین و تغییرات آن، داده‌های سنجش‌ازدور است *(عزیزی قلاتی و همکاران، ۲۰۱۶)*. با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش‌ازدور با کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نمود و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی کرد. باتوجه به تغییرات روزافزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران از چگونگی تغییر و تحولات رخ‌داده در سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود آشکارسازی تغییرات برای مشخص‌کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد *(Park etal., 2005)*. از سوی دیگر پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی آینده اهمیت دارد. مدل به معنی واقعیت‌هایی است که در یک سیستم وجود دارد یا می‌توان گفت نماینده ساده‌شده‌ای از کل سیستم است *(کبیر، ۱۳۸۵)*. مدل‌های تغییر کاربری اراضی به‌عنوان ابزارهایی برای حمایت از تحلیل‌های مرتبط با عوامل و پیامدهای تغییرات کاربری اراضی تکرارپذیر و مکمل توانایی‌های ذهنی موجود ما در تجزیه‌وتحلیل تغییر کاربری اراضی و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر هستند *(Verburg & Veldkamp, 2004)*.

آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی آینده نیازمند پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده است. برای برآورد تغییرات کاربری اراضی (LULC)[1] به کمک داده‌های ماهواره‌ای روش‌های زیادی ارائه شده است *(Coppin et al.,2004 ; Singh,1989)* تغییر کاربری و پوشش زمین موضوع مهمی است که محیط جهانی، تغییرات آب‌وهوا و توسعه پایدار را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. این تشخیص و پیش‌بینی، یک فرایند پویا است و عوامل محرک آن به تدوین سیاست کاربری مؤثر زمین و برنامه‌ریزی مناسب برای شرایط محلی کمک می‌کند، بنابراین از توسعه اجتماعی-اقتصادی محلی و حفاظت از محیط‌زیست جهانی حمایت می‌کند *(Li et al., 2020)*. داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های تهیه نقشه کاربری است که در اختیار محققان قرار دارد *(Pal &Mather, 2005)*. مدل‌سازی تغییر کاربری زمین (LCM)[2] به‌وسیله ایجاد نقشه‌های تغییرات کاربری، نمودار، انتقال طبقه کاربری و جریان آن‌ها تجزیه‌وتحلیل دقیقی از تغییرات زمین فراهم می‌کند. مراحل مدل‌سازی شامل: بررسی تغییرات، مدل‌سازی قابلیت انتقال، مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین و ارزیابی درستی مدل‌سازی است *(غلامعلی فرد و همکاران،۱۳۹۳)*.

فرخ‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی در منطقه گهواره استان کرمانشاه از مدل LCM استفاده کردند. پس از پایش تغییرات کاربری‌های مختلف طی دو دوره (۱۳۷۸-۱۳۶۵)و(۱۳۹۷-۱۳۷۸) انجام و صحت‌سنجی مدل و در نهایت نقشه اراضی مربوط به سال ۱۴۰۷ تهیه شد. با استفاده از مدل پیش نتایج طی دوره اول و دوم به ترتیب ۳۰ و ۴۲ درصد از سطح اراضی جنگلی کاسته شده ۲۶ و ۳۷ هکتار اراضی کشاورزی و ۸۰ و ۳۲ درصد و اراضی مسکونی اضافه شده است.

بهی و همکاران (۱۴۰۰) به مدل‌سازی توزیع پوشش گیاهی به روش رگرسیون لجستیک براساس متغیرهای محیطی در حوضه ملای فهله فیروزآباد استان فارس پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بافت خاک درصد ماده آلی رس، درصد آهک اسیدیته، درصد شیب و ارتفاع بیشترین نقش را در پراکنش رویشگاه‌های موردمطالعه دارند. نتایج نشان داد که روش رگرسیون لجستیک قادر به‌پیش بینی دقیق توضیح بیشتر گونه‌های گیاهی در منطقه است.

1- Land Use and Land Cover

2- Land Change Modeler

درخش و اردکانی(۱٤۰۰) به شبیه سازی روند تغییرات کاربری اراضی شهر گچساران با استفاده از مدل سلول‌های خودکار پرداختند. نتایج بیانگر رشد فزاینده کاربری شهری طی زمان به‌ویژه در نیمه شمالی شهر و کاهش کاربری طبیعی و بوم‌شناختی و به‌ویژه اراضی کشاورزی و مرتعی بود و مطابق پیش‌بینی خروجی مدل، در سال۲۰٤٤، در حدود ۷۰٪ وسعت منطقه مورد مطالعه را کاربری شهری به خود اختصاص خواهد داد.

ساردوئی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی تغییرات کاربری اراضی دشت جیرفت در دوره حال و آینده با نگاهی بر تناسب کاربری اراضی کشاورزی پرداختند. در این پژوهش مدل‌سازی نیروی انتقال بر اساس روش رگرسیون لجستیک و متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، شیب، جهت، زمین‌شناسی، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از شهر، شاخص NDVI انجام گرفت و برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در دوره آتی از زنجیره مارکوف استفاده شد.

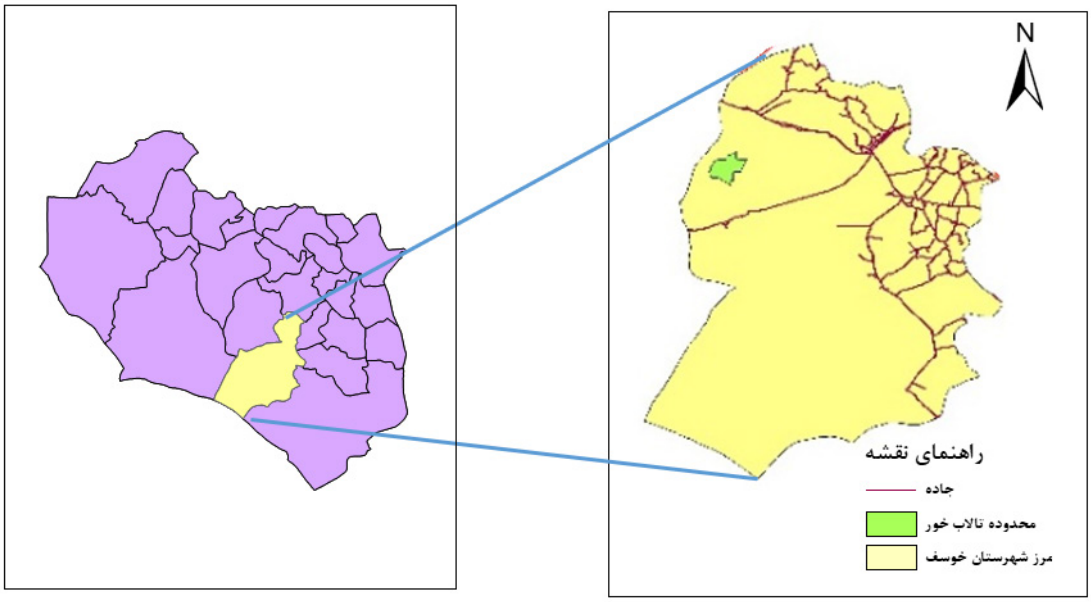
همچنین در داخل کشور، نصیری و همکاران (۱۳۹٦)، زارع و همکاران (۱۳۹۱)، گلدوی (۱۳۹۰)، کامیاب و همکاران (۱۳۸۹) و امینی و همکاران (۱۳۸۷) کارایی مدل‌سازی تغییرات کاربری به روش رگرسیون لجستیک را مورد بررسی قرار دادند.

در مطالعات خارج از کشور هوو و همکاران (۲۰۲۲) در تجزیه و تحلیل کاربری زمین از رگرسیون لجستیک برای ایجاد سطح احتمال تغییرات کاربری زمین براساس نقشه کاربری اراضی و نقشه‌های شش عامل محرک (فاصله از جاده‌های اولیه، فاصله از جاده‌های فرعی، فاصله تا منبع آب، فاصله تا منطقه مسکونی، ارتفاع و شیب) استفاده کردند.

همچنین یو کائو و همکاران (۲۰۲۰) به مدل‌سازی رشد فضایی شهری با استفاده از رگرسیون لجستیک و اتوماتای سلولی در شهر هانگژو پرداختند. آرسنجی و همکاران (۲۰۱۲) و وهانگ و فانگ (۲۰۱۳) نیز برای مدل‌سازی تغییرات کاربری از روش رگرسیون لجستیک استفاده کردند. همانطور که مشخص شد، در دهه‌های اخیر، نگرانی‌های موجود در مورد تهدیدهای محیط‌زیستی، موضوع بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش سرزمین، موردتوجه ویژه کارشناسان محیط‌زیست قرار گرفته است. البته باید توجه داشت که تنها تغییرات کاربری اراضی نباید مورد توجه قرار بگیرد بلکه باید توزیع و ترکیب لکه‌های هر کاربری نیز براساس اصول و شاخص‌های سیمای سرزمین مورد بررسی قرار گیرد ***(Yousefi et al., 2014 & Larijani et al., 2014)***. بنابراین اطلاع از تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی برای برنامه‌ریزان و مدیران حائز اهمیت است. طبق این قاعده استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات برای مشخص نمودن شیوه تغییرات باگذشت زمان ضروری است که باتوجه به عدم انجام مطالعه مشابه در منطقه موردمطالعه انجام این مطالعه مورد نیاز است. همچنین به دلیل وجود تالاب خور در مرز منطقه موردمطالعه، اهمیت آشکارسازی تغییرات در این منطقه بیشتر نیز می‌شود؛ بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، بررسی تغییرات کاربری اراضی در شهرستان خوسف طی سال‌های (۲۰۲۲-۲۰۰۸) و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی منطقه موردمطالعه، به روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM است.

۲- داده و روش

شهرستان خوسف از دو بخش مرکزی و جلگه ماژان تشکیل شده است. بیشتر مساحت خوسف را در نیمه غربی و جنوبی مناطق خشک و بایر فرا گرفته است. اما بخش‌های شرقی و تا حدودی شمالی آن به دلیل قرارگیری در منطقه‌ای کوهپایه‌ای و کوهستانی، آب وهوایی خنک‌تر دارند. براساس تقسیم‌بندی کوپن، خوسف دارای آب و هوای گرم وخشک است. معمولاً شش ماه از سال باران نمی‌بارد، در نتیجه در تابستان بسیار گرم و زمستان بسیار سرد و خشک است ***(صدیقیان و همکاران، ۱٤۰۰)***. تالاب خور یکی از بزرگ‌ترین نیزارهای کویری استان خراسان جنوبی نیز در این شهرستان واقع شده است. این منطقه دارای پوشش گیاهی دائمی گز بوده و زیستگاه پرندگان مهاجر در فصل زمستان و همچنین



نگاره۱: موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

منبع تأمین علوفه و آب برای دامداران منطقه است *(گزارش جامع وضعیت مناطق چهارگانه تحت مدیریت حفاظت محیط‌زیست استان خراسان جنوبی، ۱۴۰۰)*.

برای مطالعه دینامیک کاربری اراضی نقشه‌هایی در اختیار قرار گرفت، که در زمان‌های مختلف وضعیت کاربری اراضی را انعکاس داد. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان مهم‌ترین جزء تشریح داده‌های ماهواره‌ها به شمار آورد *(زبیری ومجد، ۱۳۸۲)*. در این تحقیق به‌منظور تهیه نقشه‌های پوشش اراضی منطقه موردمطالعه از داده‌های سنجنده OLS ماهواره لندست ۵-۴ مربوط به سال ۲۰۰۸ و سنجنده OLI لندست۸ مربوط به سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۲۲ استفاده شده است. این تصاویرازسایت earth explorer دریافت شد و بر روی آن‌ها پردازش‌های لازم برای آماده‌سازی تصاویر به‌منظور استخراج اطلاعات و تهیه نقشه پوشش اراضی با نرم‌افزار envi5.3 صورت گرفت. برای طبقه‌بندی از روش نظارت شده و تصاویر ماهواره‌ای از روش نمونه‌برداری تصادفی در کل سطح حوضه استفاده شد و با استفاده از روش طبقه‌بندی شبکه عصبی، سه طبقه کاربری اراضی در منطقه موردمطالعه به دست آمد. نرم‌افزار مدل‌سازی تغییرات سرزمین، دارای یک محیط نرم‌افزاری جامع است که اساساً برای حل مسائل مرتبط با تبدیلات در کاربری اراضی و نیازهای تحلیلی خاص برای حفظ تنوع زیستی طراحی و تولیدشده است. این نرم‌افزار توسط شرکت Clark Labs در آمریکا تهیه و ارائه شده است.

مدل‌سازی و پیش‌بینی روندهای آتی در تغییر کاربری زمین به‌عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری تبدیل شده است *(El Haj etal., 2023)*. برای مدل‌سازی قابلیت انتقال قبل از هر کاری باید زیر مدل‌ها مشخص شدند. زیرمدل‌ها در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شامل یک یا گروهی از تبدیلات کاربری هستند که محرک‌های اساسی تغییرات را مشخص می‌کنند *(Pérez-Vega et al., 2012)*. در این مرحله از انجام پژوهش سه زیرمدل برای مدل‌سازی قابلیت تبدیل در نظر گرفته شد. زیرمدل‌ها عبارتند از: زیرمدل انتقال بایر، انتقال کاربری کشاورزی و انتقال کاربری مسکونی. متغیرها نیز ممکن است به‌صورت استاتیک یا دینامیک به مدل افزوده شوند. متغیرهای استاتیک جنبه‌های اساسی مناسب برای مطالعه انتقالات را نمایان می‌کنند و در طول زمان ثابت می‌مانند. متغیرهای دینامیک، که به زمان وابسته

هستند مثل نزدیکی به توسعه یا زیرساخت‌های موجود، در طول دوره‌های زمانی مختلف محاسبه می‌شوند. متغیرهای مستقل برای مدل‌سازی با استفاده از ارزیابی از طریق ضریب همبستگی کرامر انتخاب می‌شوند. این ضریب همبستگی متغیرهای مستقل را در یک‌زمان با طبقه‌بندی موضوعی نقشه کاربری اراضی مقایسه می‌کند *(Eastman, 2012)*. خروجی مدل، ضریب‌هایی بین صفر و یک خواهد داشت که از طریق تئوری فازی به احتمالات بالاتر از ۰/۵ ارزش ۱(تخریب) و کمتر از ۰/۵ ارزش صفر(بدون تخریب) می‌دهد و نقشه بولین تخریب را تولید می‌کند. رگرسیون لجستیک با این فرض به کار می‌رود که احتمال یک بودن متغیر وابسته از منحنی‌ها لگاریتمی پیروی می‌کند و مقدار آن توسط رابطه(۱) تخمین زده می‌شود.

$$P(Y = 1|X) = \exp(\sum BX)/1\exp(\sum BX)$$

رابطه (۱)

که در آن: P (احتمال یک بودن متغیر وابسته)، X متغیر مستقل، B (پارامتر برآورد شده)، Y (متغیر وابسته) هستند.

برای تعیین ارزیابی صحت از شاخص کاپا که در نرم‌افزار ادریسی با اجرای ماژول Validate قابل‌محاسبه است، استفاده می‌شود. شاخص کاپا یکی از پارامترهای آماری است که دقت نقشه‌های تولیدی را نمایان می‌کند (رابطه۲). کاپا استاندارد یا KIA نیز نشان‌دهنده دقت بین دو نقشه واقعی و پیش‌بینی است. هرچه مقدار کاپا بیشتر باشد، دقت بیشتری در پیش‌بینی واقعیت دارد *(فلاحت کار و همکاران، ۱۳۹۵)*.

$$Kappa = \frac{po-pc}{1-pc} \times 100$$

رابطه (۲)

که در آن: po: درستی مورد مشاهده، pc: توافق مورد انتظار هستند.

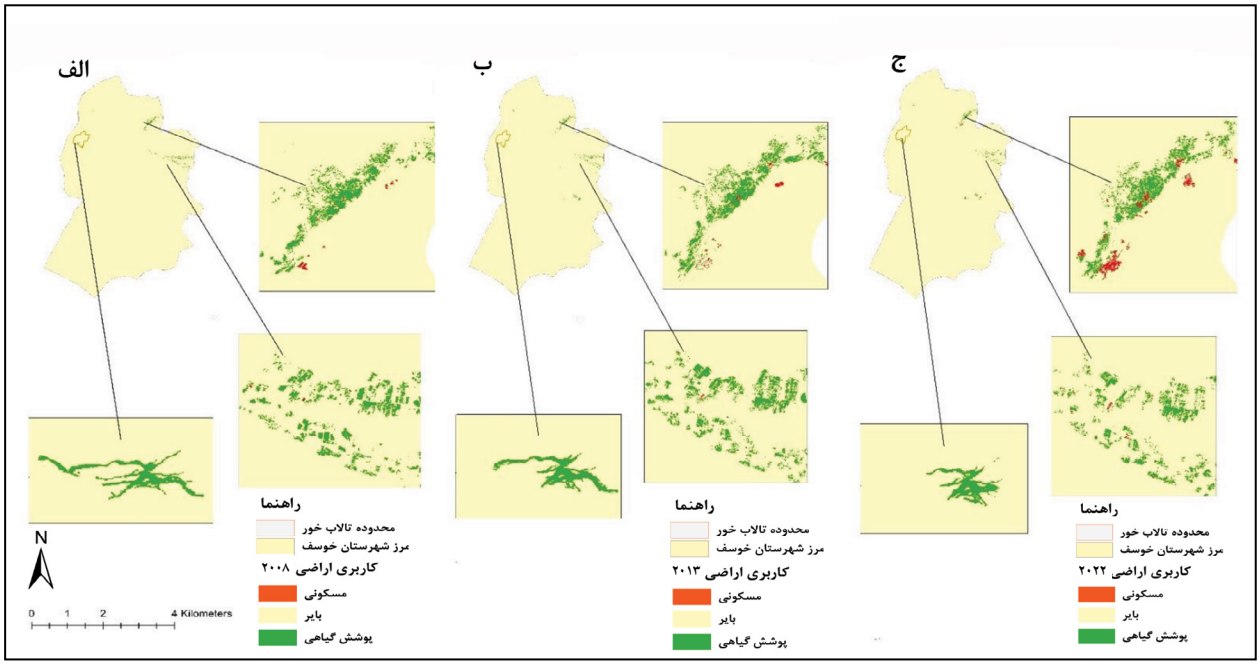
نمایه توافق کاپا از ۱ - تا ۱+ است که تشابه بین دو تصویر را نشان می‌دهد. ضریب کاپا ۱ یعنی دو تصویر کاملاً مشابه هستند اگر دو تصویر کاملاً باهم فرق داشته باشد ضریب کاپا ۱- است. اگر پیکسل‌ها ۵۰ درصد تغییر کنند ضریب کاپا صفر است *(Eastman, 2006; Khoi& Murayama, 2010)*. بعد از پیش‌بینی نقشه سال ۲۰۲۲ برای صحت‌سنجی در نرم‌افزار Terrset ضریب کاپا گرفته شد. تحلیل زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر توضیح می‌دهد و از آن به‌عنوان ابزاری اساسی برای نقشه‌سازی تحولات آینده استفاده می‌شود. این اقدام با توسعه ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۰ صورت می‌گیرد و به‌عنوان پایه‌ای برای تهیه نقشه‌های دوره‌های آینده به‌کار می‌رود *(Eastman, 2006)*. در این روش، نقشه کاربری تهیه‌شده از تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۲۲ به‌عنوان واقعیت زمینی در نظر گرفته شده است. سپس، صحت نقشه‌های کاربری اراضی پیش‌بینی با این نقشه واقعیت زمینی مقایسه شده و ارزیابی‌شده‌اند.

۳- بحث و یافته‌های تحقیق

تهیهٔ نقشه کاربری اراضی: نقشه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۲ در نگاره (۲) نشان داده شده است. نتایج دقت کلی برای نقشه‌های آشکارسازی شده در جدول (۱) قابل‌مشاهده است.

۳-۱- ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی

واقعیت زمینی متداول‌ترین روش برای برآورد کمّی دقت طبقه‌بندی است. در این روش تعدادی از پیکسل‌ها به‌عنوان نمونه انتخاب می‌شوند و با نتایج طبقه‌بندی مورد مقایسه قرار می‌گیرند. پس از طبقه‌بندی کاربری زمین و تهیه نقشه با سه‌طبقه اراضی بایر، مسکونی و اراضی کشاورزی برای سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۲ با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده و با روش حداکثر احتمال؛ نتایج آن با نقشه واقعیت زمینی (Google Earth) مورد مقایسه قرار گرفتند. در جدول (۱) نتایج دقت کلی برای سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۲ ارائه شده است.



نگاره۲: نقشه طبقه‌بندی‌شده کاربری اراضی؛ (الف) سال ۲۰۰۸، (ب) سال ۲۰۱۳و (ج) نقشه واقعیت ۲۰۲۲

جدول۱: ارزیابی دقت الگوریتم حداکثر احتمال در طبقه‌بندی کاربری اراضی در تصویر ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۲

سال / برآورد صحت	۲۰۰۸	۲۰۱۳	۲۰۲۲
دقت کلی	۸۳/۸۵	۸۵/٤۳	۹۰/۵۷

۳-۲- نتایج حاصل از پایش تغییرات

در طی دوره مطالعاتی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ کاربری‌ها در شهرستان خوسف، دچار تغییرات زیادی شده است. بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری کشاورزی بوده که در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۸، ۱۳٦۲ هکتار افزایش وجود داشته و بعد از آن کاربری مسکونی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ به مقدار ۹٦ هکتار افزایش را داشته است. همچنین ۱٤۵۸ هکتار از اراضی بایر کاهش‌یافته است. باتوجه به اینکه کاربری کشاورزی در طی دوره موردمطالعه بیشترین رشد را دارا بوده است، با استفاده از گزینه Ganis and losses مقدار کاهش و افزایش کاربری‌ها به کاربری کشاورزی به دست آمد که براین‌اساس در طی زمان ۱۷۹۰/٦٤ هکتار کاهش، ۳۰۹٤/۹۲ هکتار افزایش و ۲٦۱۳۱۳۹/۲۹ هکتار بدون تغییر بوده است.

همان‌طور که در جدول(۲) مشاهده می‌شود طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۸ کاربری کشاورزی ۱۳۰۱/۹۵ هکتار افزایش،

جدول۲: مساحت کاربری‌ها در سال های ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۲

طبقه	کاربری	مساحت در سال۲۰۰۸(هکتار)	مساحت در سال۲۰۱۳(هکتار)	مساحت در سال۲۰۲۲(هکتار)
۱	کشاورزی	٤۳۲۰/۳	۵٦۲۲/۲	۷۲۰۵/۸
۲	مسکونی	۱۱۷/۲	۲۱۱/۷	۵۷۲/۰۱
۳	بایر	۱۵۷۸۸۹۳ /۰۸	۱۵۷۷٤٦۸/۸	۱۵۷۵۵۳٦/۷۷

کاربری مسکونی نیز ۹٤/٤۹ هکتار افزایش و کاربری بایر ۱٤۲٤/۲۸ هکتار کاهش‌یافته است. همچنین با استفاده از تب Change Analysis در نرم‌افزار Idris می‌توان میزان تغییر مساحت زیر مدل‌ها را متوجه شد که بر این اساس ۳۳۱۱/۳۷ هکتار از کاربری بایر به کشاورزی تبدیل شده و ۱٦۰/۳۸ هکتار از زمین‌های بایر به مسکونی تبدیل شده‌اند.

۳-۳- روند مکانی تغییرات

روند مکانی تغییرات این فرصت را فراهم می‌کند که بتوان به الگوی تغییرات جامعیت بخشید. این نقشه نواحی را که بیشترین تغییرات در آن رخ داده و قابلیت ایجاد تغییر در آن‌ها را نشان می‌دهد.

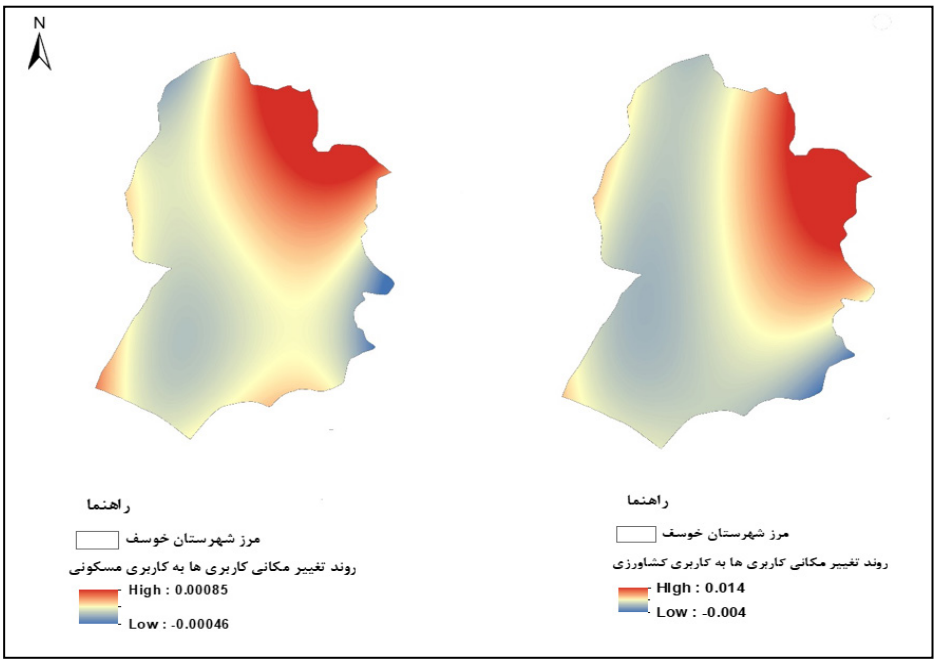
در این مطالعه روند مکانی تغییرات از انواع کاربری‌ها به مسکونی، بایر و کشاورزی تهیه شد. همانطور که در نگاره (۳) مشاهده می‌شود در شمال شرق شهرستان خوسف بیشترین تبدیل به کاربری مسکونی اتفاق افتاده است. همچنین در مورد کاربری کشاورزی بیشترین تغییرات در بخش شرقی بوده است.

در شمال شرقی منطقه که بیشترین تبدیل به کاربری مسکونی اتفاق افتاده، شیب به نسبت اطراف خیلی کمتر است و یکی از پارامترهای مناسب برای استقرار کاربری شهری به‌شمار می‌رود. همچنین سایر پارامترها مانند نزدیکی به زمین‌های کشاورزی موجود، نزدیکی به خطوط انتقال نیرو، جاده‌ها و... از سایر پارامترهای مهم در ایجاد کاربری شهری در این بخش است. همان‌طور که در نگاره (۳) مشخص است در شرق منطقه بیشترین تبدیل به کاربری کشاورزی اتفاق افتاده است.

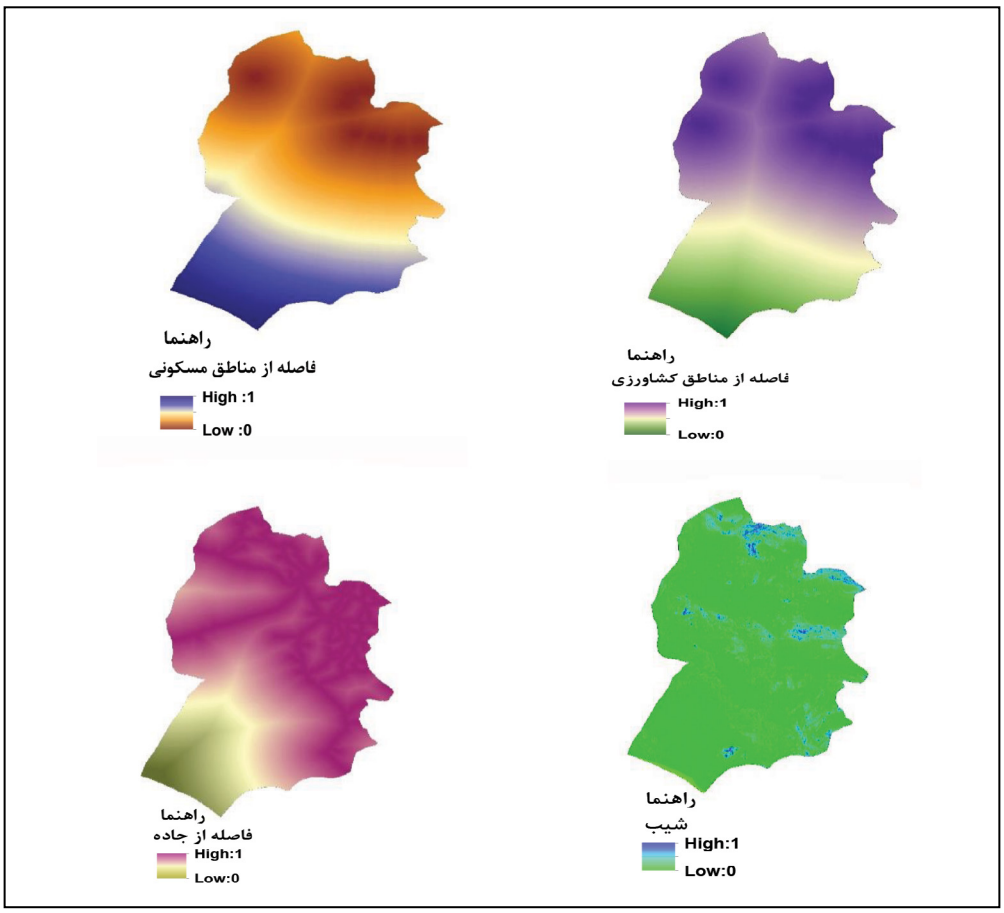
۳-٤- قابلیت انتقال

۳-٤-۱- انتخاب متغیرها

برای مدل‌سازی قابلیت انتقال پس از انتخاب زیر مدل‌ها، با ارزیابی متغیرها ازطریق ضریب همبستگی کرامر، چهار متغیر برای وقوع تغییرات مختلف شامل: فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده و شیب انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفتند که در نگاره (٤) نتایج آن قابل‌مشاهده است.



نگاره ۳: روند مکانی تغییرات طی سال‌های۲۰۱۳-۲۰۰۸



نگاره٤: نقشه‌های فازی شده متغیرهای مستقل واردشده به مدل LCM

ضریب کرامر در مدل می‌تواند شاخصی از همبستگی متغیرها یا کاربری‌های موجود باشد، بنابراین، در پیش‌بینی بهتر تغییرات کاربری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. ضریب کرامر شایستگی متغیر را برای ورود به مدل برای پیش‌بینی تغییرات در آینده مشخص می‌کند. به‌طوری‌که اگر این ضریب بالاتر از ۰/۱۵ باشد می‌تواند وارد مدل‌سازی شود و اگر ضریب بالاتر از۰/٤ باشد، به‌این معناست که متغیر قدرت بالایی در توصیف تغییراتی که در منطقه مورد مطالعه رخ‌داده، دارد و نشان می‌دهد تأثیرگذاری این متغیر در تغییرات رخ‌داده بسیار بالا است. ضرایب کرامر چهار متغیر فوق‌الذکر در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول۳: ضرایب کرامر برای متغیرهای تأثیرگذار در سال‌های۲۰۱۳-۲۰۰۸

متغیر / کاربری	کشاورزی	مسکونی	بایر	ضریب کلی
فاصله از زمین‌های کشاورزی	۰/۵۷۸۲	۰/۰۵۱۰	۰/۵۷۰۹	۰/٤۱۰۵
فاصله از مناطق مسکونی	۰/۲۵۵۱	۰/۳٦٦٤	۰/۲۷۵۹	۰/۳۱۵۷
فاصله از جاده	۰/۱۷۲۵	۰/۱۰٦۳	۰/۱۰۹۱	۰/۱۵۲۰
شیب	۰/۱۰٦۳	۰/۰۲۵۰	۰/۱۰۹۱	۰/۰۷۷۲

پس از بررسی ضرایب کرامر متغیر فاصله از زمین‌های کشاورزی با ضریب کلی ۰/٤۱۰۵ نشان می‌دهد، تأثیرگذاری این متغیر در تغییرات ایجاد شده بسیار بالاست و متغیر شیب با ضریب کرامر۰/۰۷۷۲ به دلیل پایین بودن ضریب وارد مدل‌سازی نشد. در نهایت مدل‌سازی قابلیت انتقال برای زیر مدل‌ها با سه متغیر فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده صورت پذیرفت.

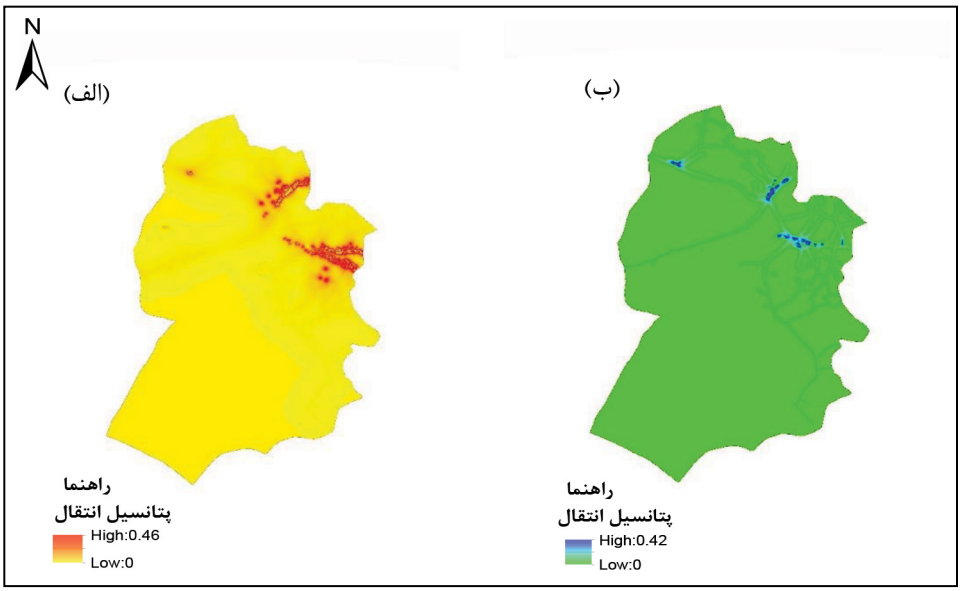
۳-۵- قابلیت انتقال با رگرسیون لجستیک

نقشه قابلیت انتقال کاربری بایر به کشاورزی و نقشه قابلیت انتقال کاربری بایر به مسکونی در نگاره (۵) ارائه شده است. بر اساس نگاره (۵-الف) مناطقی که با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند بیشترین قابلیت را برای تبدیل‌شدن به اراضی کشاورزی دارند. بر اساس نگاره (۵-ب) مناطقی که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند بیشترین قابلیت را برای تبدیل‌شدن به اراضی مسکونی دارند. اعتبارسنجی مدل‌سازی قابلیت انتقال توسط شاخص ROC صورت می‌گیرد. این شاخص برای زیر مدل بایر به کشاورزی ۰/۹۳۱۷ و برای زیر مدل بایر به مسکونی برابر ۰/۹۷٦۵ بود. شاخص ROC بر اساس رگرسیون لجستیک اعدادی نزدیک به ۱+ به دست آمد؛ بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که نتایج دارای صحت قابل‌قبولی هستند.

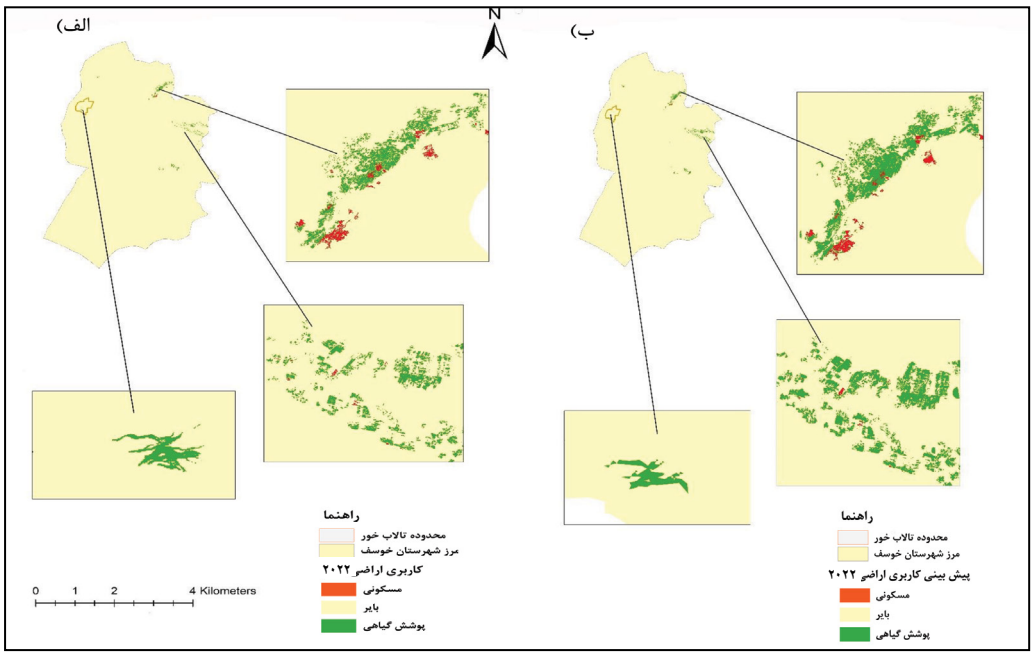
۳-٦- پیش‌بینی تغییرات آینده با روش زنجیره مارکوف

بعد از تهیه نقشه‌های قابلیت تبدیل کاربری زمین با روش رگرسیون لجستیک با استفاده از روش زنجیره مارکوف پیش‌بینی سخت نقشه کاربری اراضی مربوط به سال ۲۰۲۲ انجام شد که در نگاره (٦-الف) قابل مشاهده است. همچنین نقشه مربوط به واقعیت زمینی سال ۲۰۲۲ در نگاره (٦-ب) قابل مشاهده و مقایسه است. میزان تغییرات کاربری‌ها در جدول (٤) ارائه شده است.

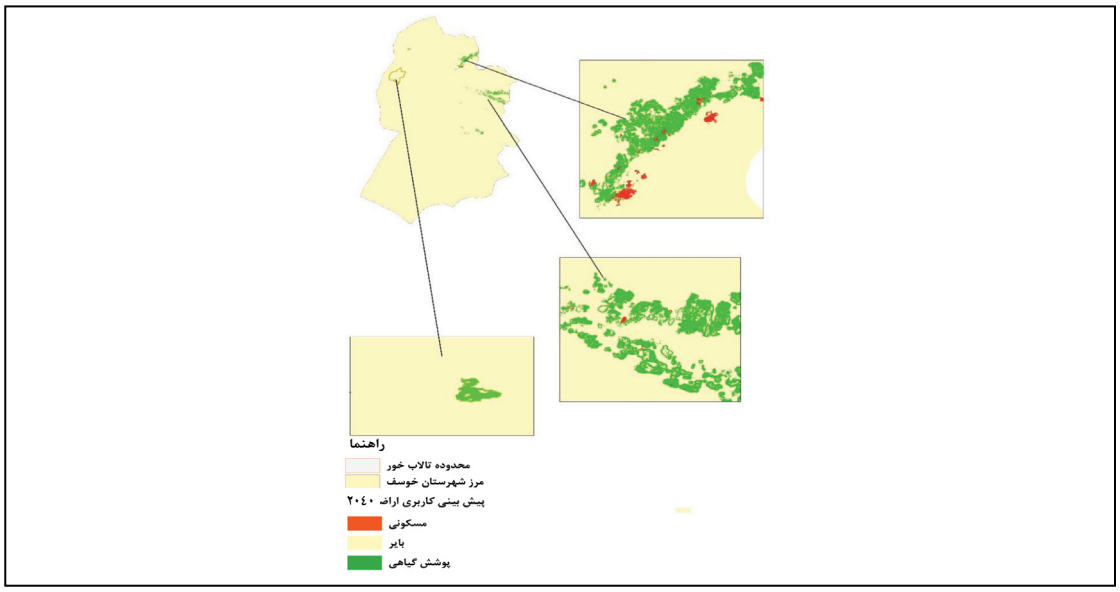
در این مطالعه ضریب کاپا ۰/۹٦۳٦۲۸ به دست آمد که این عدد به ۱+ نزدیک است و این نشان‌دهنده این است که پیش‌بینی انجام‌شده از صحت بالایی برخوردار است. با توجه به این‌که نقشه پیش‌بینی‌شده سال ۲۰۲۲ با نقشه واقعیت زمینی سال ۲۰۲۲ مطابقت قابل قبولی دارد پس این نشان‌دهنده این است که پیش‌بینی از صحت بالایی برخوردار است درنتیجه برای پیش‌بینی سال۲۰٤۰ از دو نقشه مربوط به سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۲۲ استفاده شد (نگاره ۷).



نگاره۵: الف) نقشه قابلیت انتقال کاربری بایر به کشاورزی، ب)نقشه قابلیت انتقال کاربری بایر به کاربری شهری



نگاره٦: الف) نقشه واقعیت زمینی سال ۲۰۲۲، ب) نقشه پیش‌بینی‌شده سال ۲۰۲۲



نگاره۷: نقشه پیش‌بینی‌شده سال ۲۰٤۰

جدول (٤): مساحت کاربری‌ها (هکتار) در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰٤۰

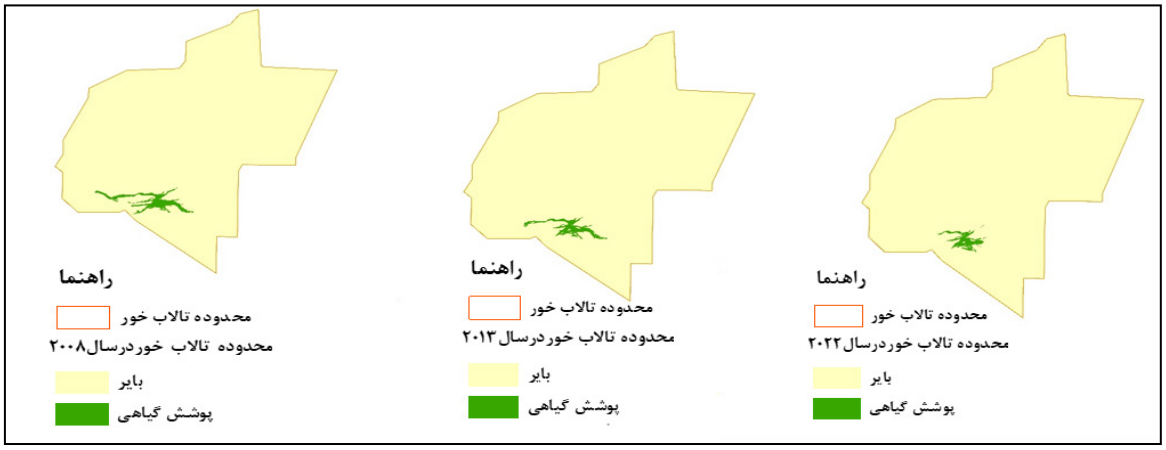
نقشه / طبقه	پوشش گیاهی	مسکونی	بایر
واقعیت زمینی سال۲۰۲۲	۷۲۰۵/۸۳	۵۷۲/۰۱	۱۵۷۵۵۳٦/۷۷
پیش‌بینی‌شده سال۲۰۲۲	۷۷۲۷/۸۸	٦۱۱/۱۳	۱۵۷٤۹۷۵/٦۰
پیش‌بینی‌شده سال۲۰٤۰	۱۰٤۸۸/۱۸	۷۵۰/۰٤	۱۵۷۲۰۷٦/٤۰

افزایش کاربری‌های شهری به‌دلیل تأثیر افزایش مداوم توسعه اقتصادی و جمعیتی است *(Aghajani et al., 2024)* و از طرفی افزایش پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بیشتر به‌دلیل افزایش زمین‌های کشاورزی است و متأسفانه فضاهای سبز طبیعی مانند نیزار خور به‌شدت در حال کاهش مساحت هستند که در ادامه به این موضوع پرداخته شده است. بنابراین بسیار ضروری است که اقدامات اجرایی برای دستیابی به استفاده منطقی از زمین‌های کشاورزی صورت پذیرد *(leta et al., 2024)*.

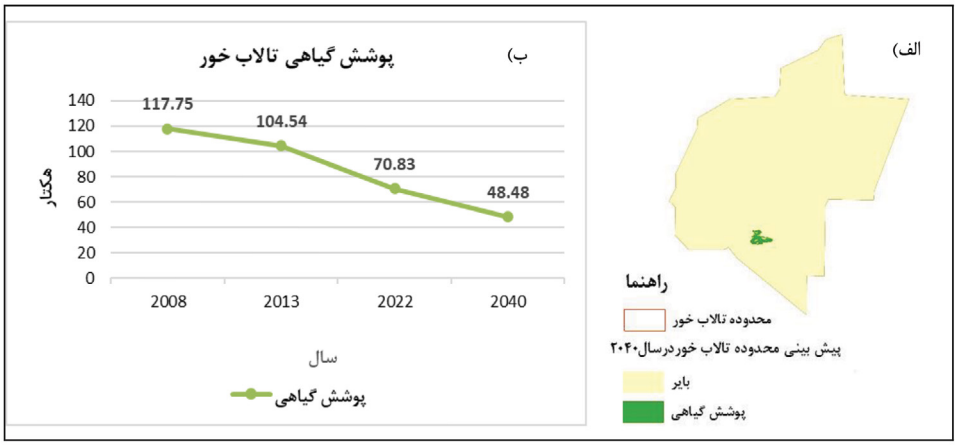
۳-۷- بررسی روند تغییرات تالاب خور

همان‌طور که گفته شد تالاب خور یکی از بزرگ‌ترین نیزارهای کویری استان خراسان جنوبی و همچنین بزرگ‌ترین نیزار کویر لوت ایران است که دارای پوشش گیاهی گز همراه با آب‌شور است. برای بررسی وضعیت آن، شاخص NDVI مورد استفاده قرار گرفت. مساحت پوشش گیاهی تالاب خور در سال ۲۰۰۸، ۱۱۷/۷۵ هکتار بوده که این مقدار در سال ۲۰۲۲ به ۷۰/۸۳ هکتار کاهش یافته است (نگاره۸).

همچنین پیش‌بینی مساحت پوشش گیاهی تالاب خور برای سال ۲۰۴۰ نیز ۴۸/۴۸ هکتار به‌دست آمد (نگاره۹). این نتایج بیانگر نیاز به ایجاد راهبردهای جدید در منطقه برای حفاظت از پایداری کاربری‌ها و حفاظت از پوشش گیاهی طبیعی مانند نیزارهای تالاب خور است. همچنین، برنامه‌ریزی دقیق منطقه‌ای برای تضمین حفظ مناظر طبیعی برای ایجاد یک محیط منطقه‌ای انعطاف‌پذیر و توسعه پایدار حیاتی است *(Shafie et al., 2021)*.



نگاره۸: بررسی تغییر مساحت پوشش گیاهی تالاب خور(هکتار) طی سال‌های ۲۰۴۰-۲۰۰۸



نگاره۹ : (الف) نقشه پیش‌بینی پوشش گیاهی تالاب خور در سال ۲۰۴۰، ب) روند تغییرات تالاب خور ۲۰۴۰-۲۰۰۸

٤- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، عوامل متعددی بر تکامل کاربری اراضی تأثیر گذاشته‌اند و این تحول سریع، چالش‌های عمده‌ای را برای تصمیم‌گیران و محققان از نظر مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار زمین ایجاد می‌کند. یافته‌های مطالعه حاضر به تحلیل روندهای آتی تغییرات کاربری زمین در شهرستان خوسف کمک می‌کند. این اطلاعات می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای برنامه‌ریزان و مدیران زمین در برنامه‌ریزی کاربری اراضی آتی منطقه مورداستفاده قرار گیرد؛ بنابراین، از مدل‌ساز تغییر سرزمین در این پژوهش برای مدل‌سازی تغییرات پوشش اراضی شهرستان خوسف استفاده شد.

متغیرهایی که در پژوهش حاضر مورداستفاده قرار گرفتند شامل: فاصله از زمین کشاورزی، فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از جاده بودند و همچنین زیر مدل‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش، زیر مدل انتقال بایر، انتقال کاربری کشاورزی و انتقال کاربری مسکونی بودند. نتایج نقشه‌های پوشش سرزمین دوره ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ در این مطالعه، نشان‌دهنده این بود که زمین‌های کشاورزی باگذشت زمان بیشترین افزایش و بعد از آن مناطق مسکونی دچار تغییرات افزایشی شده‌اند، که این خود یکی از مشخصه‌های شهرهای کوچک است زیرا در شهرهای کوچک که هنوز جمع قابل توجهی از مردم شغل کشاورزی را دارند، در بررسی روند تغییرات کاربری‌ها بیشتر کاربری کشاورزی شاهد تغییرات است ولی در شهرهای بزرگ کاربری مسکونی دارای بالاترین تغییرات است. لازم به ذکر است که باتوجه به بررسی‌های انجام شده شاخص سبز بیشتر مربوط به زمین‌های کشاورزی بوده، نه مراتع و نیزارها، بنابراین می شود این گونه گفت که اگر چه میزان پهنه سبز افزایش پیدا کرده است اما پوشش‌های سبز طبیعی که از لحاظ خدمات اکوسیستمی (نقش در جلوگیری از فرسایش خاک، زیستگاه پرندگان و سایر گونه‌ها و...) دارای ارزش بالایی هستند، رشد نداشته‌اند. باتوجه به نقشه پیش‌بینی‌شده مربوط به سال ۲۰٤۰ تغییرات کاربری اراضی بیشتر در کاربری‌های کشاورزی و مسکونی خواهد بود. مساحت پیش‌بینی‌شده برای این کاربری‌ها، در کاربری کشاورزی ۱۸/ ۱۰٤۸۸ هکتار، ۷۵۰/۰٤ هکتار کاربری شهری و برای کاربری بایر برابر با ٤۰/ ۱۵۷۲۰۷٦ هکتار به دست آمد. همچنین ضریب کل کاپا ۹٦٪ به دست آمد، که نشان‌دهنده صحت انجام پیش‌بینی از طریق روش مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی در این مطالعه بوده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مساحت تالاب خور نیز در سال ۲۰۰۸، ۱۱۷/۷۵ هکتار بوده که این مقدار در سال۲۰۲۲ به ۷۰/۸۳ هکتار کاهش‌یافته است یا به بیان دیگر اختلاف هکتار بین سال‌های۲۰۰۸ و ۲۰۲۲، ٤٦/۹۲ هکتار کاهشی بوده است. همچنین پیش‌بینی مساحت پوشش گیاهی تالاب خور برای سال ۲۰٤۰ ، ٤۸/٤۸ هکتار است. قابل ذکر است در کنار نقاط مثبت این روش که در مطالعه حاضر و سایر پژوهش‌های محققان به اثبات رسیده است؛ فرض ثابت ماندن تغییرات در طول دوره‌های زمانی، در پیش فرض این مدل یکی از نقاط ضعف مدل محسوب می‌شود که می‌توان توسط سناریونویسی حالت‌های محتمل آن را رفع نمود. در شهرستان خوسف نیز براساس نتایج به‌دست آمده و با توجه به خشکسالی و کم‌آبی‌های اخیر، تغییرات کاربری اراضی قابل ادامه دادن نیستند، زیرا این تغییرات باعث می‌شوند برداشت آب از چاه‌ها و بند سارها بیشترصورت گیرد و با ادامه روند خشکسالی بر سطح ایستایی آب زیرزمینی فشار آورده و از ورود رواناب به تالاب خور جلوگیری کند و ضرر جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد کند؛ بنابراین، این تغییرات شدید کاربری خصوصاً در اطراف تالاب خور باید مدیریت شود و با توجه به اقلیم منطقه، کشاورزی با محصولات کم آب بر و روش آبیاری نوین جایگزین شود و از چرای بیش از حد دام خصوصاً دام سنگین مانند شتر در این ناحیه جلوگیری شده و نظارت و پایش به‌طور مستمر انجام گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی غیر از بررسی میزان تغییرات کاربری‌ها نحوه توزیع زمانی–فضایی هر کاربری نیز بر اساس شاخص‌های سیمای سرزمین

مورد بررسی قرار گیرد تا میزان پایداری کاربری‌هایی مانند فضاهای سبز بر اساس میزان خوردشدگی، پیوستگی، شکل لکه و... مشخص شود.

تعارض منافع

در این پژوهش، حامی مالی و تعارض منافع وجود ندارد.

References

1- Adeli Sardooei, M., Asadi, A., Kalantari, KH., Barati, A.,&Khosravi, H. (2021). Investigating land-use changes in Jiroft plain in the present and future period with a look at agricultural land-use suitability. Journal Of Range And Watershed Management (Iranian Journal Of Natural Resources), 73(4), 893-913.

2- Aghajani, H., Sarkari, F., & Fattahi Moghaddam, M. (2024). Predicting land use/land cover changes using CA-Markov and LCM models in the metropolitan area of Mashhad, Iran. Modeling Earth Systems and Environment, 1-18.

3- AiziGhalaty, S., Rangzan, K., Sadidy, J., Heydarian, P., & Taghizadeh, A. (2016). Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: KohmareSorkhi, Fars province). RS & GIS Techniques for Natural Resources. 7(1), 59-71.

4- Amini, M. R., ShataeeJoybari, S., Moaieri, M. H. & Ghazanfari, H. (2008). Deforestation modeling and investigation on related physiographic and human factors using satellite images and GIS (Case study: Armerdeh forests of Baneh), Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(3), 431-443.

5- Arekhi, S., & Niyazi, Y. (2009). Comparing evaluation of remote sensing techniques for monitoring land use change, (Case study: Darehshar catchment, Ilam province). Journal-Range and Desert Research of Iran, 17(1), 74-93.

6- Arsanjani, J. J., Helbich, M., & de Noronha Vaz, E. (2013). Spatiotemporal simulation of urban growth patterns using agent-based modeling: The case of Tehran. Cities, 32, 33-42.

7- Behi, M. J., Mokhtari, M. H., Moradi, G., & Saremi, M. A. (2021). Modeling vegetation distribution based on environmental variables and logistic regression method in Mullah Fahleh area of Firoozabad, Fars province. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 34(4), 883-901.

8- Cao, Y., Zhang, X., Fu, Y., Lu, Z., & Shen, X. (2020). Urban spatial growth modeling using logistic regression and cellular automata: A case study of Hangzhou. Ecological indicators, 113, 106200.

9- Clark, W. A., & Hosking, P. L. (1986). Statistical methods for geographers.

10- Comprehensive report on the status of the four areas under the management of environmental protection in South Khorasan Province . (2021). Expertise in habitats and regional affairs, General Department of Environmental Protection of South Khorasan, 39 pages.

11- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., & Lambin, E. (2004). Review ArticleDigital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. International Journal of Remote Sensing, 25(9), 1565-1596.

12- Derakhsh, M., & Sobhan Ardakani, S. (2022). Simulation of the Spatial Pattern of Land Use Change in the City of Gachsaran Using Cellular Automata Model. Human & Environment, 20(3), 67-81.

13- Eastman, J. (2012). Idrisi Selva. Clark Labs Clark University, Worcester MA, USA.

14- El Haj, F. A., Ouadif, L., & Akhssas, A. (2023). Simulating and predicting future land-use/land cover trends using CA-Markov and LCM models. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 7, 100342.

15- Falhakar, S., Saffianian, A., KHajeddin, S., &Ziaei, H. (2009). Isfahan Land Cover Change Detection in The Past 4 Decades Using Remote Sensing. Journal of Crop Production and Processing; 13 (47) :381-396.

16- Faramarzi, H., Hosseini, S. M., &Gholamalifard, M. (2014). Fire Hazard Zoning in National Golestan Park Using Logistic Regression and GIS. Journal of Geography and Environmental Hazards, 3(2), 73-90.

17- Farokhzadeh, B. Modeling land use changes in Gahvareh region, Kermanshah province. (2023). Journal of Rainwater Catchment Systems. 11 (2), 48-62.

remote sensing technology and its application in natural resources, University of Tehran Printing and Publishing Institute.

28- Nasiri, V., Darvishsefat, A., Shirvani, A., &Avatefi Hemat, M. (2019). Monitoring and modeling changes of forest area using logistic regression-markov and geomod, Geographic Space, 19(65), 171-189.

29- Pal, M., & Mather, P. M. (2005). Support vector machines for classification in remote sensing. International journal of remote sensing, 26(5), 1007-1011.

30- Park, C. B., Miller, R. D., Rydén, N., Xia, J., & Ivanov, J. (2005). Combined use of active and passive surface waves. Journal of Environmental & Engineering Geophysics, 10(3), 323-334.

31- Pérez-Vega, A., Mas, J. F., &Ligmann-Zielinska, A. (2012). Comparing two approaches to land use/ cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. Environmental Modelling & Software, 29(1), 11-23.

32- Pontius Jr, R. G., & Schneider, L. C. (2001). Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. Agriculture, Ecosystems & Environment, 85(1-3), 239-248.

33- Sedighian, H., Nikzad, M., Oshnoei Noshabadi, Amir., Ghasemi, E (2021). The effect of climatic conditions on the structure and architectural components of traditional houses in hot and dry areas of Khosf county, South Khorasan, Parseh Journal of Archaeological Studies, 4(14), 125-146.

34- Shafie, B., Javid, A. H., Behbahani, H. I., Darabi, H., & Lotfi, F. H. (2023). Modeling land use/cover change based on LCM model for a semi-arid area in the Latian Dam Watershed (Iran). Environmental Monitoring and Assessment, 195(3), 363.

35- Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. International Journal of Remote Sensing, 10(6), 989-1003.

36- Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J., & Veldkamp, A. (2004). Land use change modelling: current practice and research priorities. GeoJournal, 61, 309-324.

37- Wu, B., Huang, B., & Fung, T. (2009). Projection of

18- Geneletti, D. (2013). Assessing the impact of alternative land-use zoning policies on future ecosystem services. Environmental Impact Assessment Review, 40, 25-35.

19- Ghayab, H. R. (2007). Spatio-temporal modeling of urban development with remote sensing data using logistic regression in Gorgan city. Master's thesis, TarbiatModares University, Tehran. 109

20- Goldway, S. (2019). Comparing the performance of logistic regression and Geomod methods for modeling land use and vegetation changes and investigating the effects of changes on surface water, case study: Gorgan region, Master's thesis in environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

21- Huu, C. N., Van, C. N., & My, T. N. N. (2022). Modeling land-use changes using logistic regression in Western Highlands of Vietnam: A case study of Lam Dong province. Agriculture And Natural Resources, 56(5), 935-944.

22- Kabir, A. (2005). Rainfall-Runoff Modeling in Kachik Watershed, Master's Thesis, Golestan Province, Faculty of Pasture and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

23- Khoi, D. D., & Murayama, Y. (2010). Forecasting areas vulnerable to forest conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. Remote sensing, 2(5), 1249-1272.

24- Larijani, M., Ghassami, F., Yousefi Rubiat, E. (2014). Ecological Analysis of Green Space Jiroft Using Landscape Metrics. Environmental Planning, 7(25), 49-64.

25- Leta, M. K., Demissie, T. A., & Tränckner, J. (2021). Modeling and prediction of land use land cover change dynamics based on land change modeler (Lcm) in nashe watershed, upper blue nile basin, Ethiopia. Sustainability , 13(7), 3740.

26- Li, K., Feng, M., Biswas, A., Su, H., Niu, Y., & Cao, J. (2020). Driving factors and future prediction of land use and cover change based on satellite remote sensing data by the LCM model: a case study from Gansu province, China. Sensors, 20(10), 2757.

27- Majd, A. R., & Zubairi, M. (2003). Familiarity with

land use change patterns using kernel logistic regression. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 75(8), 971-979.

38- Yousefi, E., Salehi, S., Ghesami, F., Jahani Shakib, F. (2014). The Ecological Status of Green Space in Birjand with Emphasis on the Regional and Local Parks Based on Landscape Metrics. Journal of Geographic Space .14(46): 71-87.

39- Zare Karizi, A., Bardi Sheikh, V., Saededdin, A., & Mahini, A. R. (2012). Modeling the Spatial Pattern of Land-cover Change, Using Logistic Regression (Case Study: Chehlchay Watershed, Golestan Province), Geographic Space, 12(37), 55-68.

COPYRIGHTS

©2025 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NoDerivs 4.0 International (CC BY-ND 4.0)